

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені В. Н. КАРАЗІНА

**НОВІ КЕРАМІЧНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ  
ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Монографія

Харків – 2018

УДК 621.763  
Н-72

**Рецензенти:**

**Т. О. Пріхна** – доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАНУ, завідувач відділу технологій високих тисків, функціональних керамічних композитів і дисперсних надтвердих матеріалів Інституту надтвердих матеріалів НАНУ;

**М. І. Рищенко** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХП».

*Затверджено до друку рішенням Вченої ради  
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна  
(протокол № 1 від 19.01.2018 р.)*

Н-72 **Нові** керамічні композиційні матеріали інструментального призначення : монографія / [Р. В. Вовк, Е. С. Геворкян, В. П. Нерубацький та ін.]. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. – 200 с.  
ISBN 978-966-285-506-7

У монографії розглянуто нові технології отримання керамічних композиційних матеріалів інструментального призначення, створення нових методів консолідації тугоплавких матеріалів з метою покращення фізико-механічних характеристик, а також експлуатаційних властивостей. Розглянуто особливості спікання тугоплавких матеріалів при гарячому пресуванні індукційним нагрівом, а також пропусканням високоамперного струму (електроконсолідація). Значну увагу приділено особливостям застосування нових методів консолідації композиційних матеріалів з метою підвищення ресурсу роботи інструментальних матеріалів та особливостям обробки твердих сплавів металів та інших високотвердих матеріалів.

Іл. – 137, табл. – 38, бібліогр. – 180 найм.

**УДК 621.763**

ISBN 978-966-285-506-7

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2018

© Вовк Р. В., Геворкян Е. С., Нерубацький В. П. та ін., 2018

© Правик М. В., макет обкладинки, 2018

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У МОНОГРАФІЇ .....	7
ПЕРЕДМОВА.....	8
<b>РОЗДІЛ 1</b> <b>ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ РІЖУЧОГО</b> <b>ІНСТРУМЕНТА .....</b>	<b>9</b>
1.1. Порівняльний аналіз ріжучих властивостей твердих інструментальних керамічних матеріалів.....	9
1.2. Оксид хрому як високотвердий матеріал.....	17
1.3. Основні процеси отримання ріжучих керамічних матеріалів .....	20
<b>РОЗДІЛ 2</b> <b>ВИХІДНІ МАТЕРІАЛИ, ПРИСТРОЇ, УСТАНОВКИ ТА МЕТОДИ</b> <b>ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>23</b>
2.1. Методика визначення розподілу температурного поля в графітовій прес-формі на основі математичного моделювання гарячого пресування .....	23
2.2. Установка електроконсолідації порошків .....	28
2.3. Методика досліджень, прилади та обладнання .....	31
2.4. Моделювання процесу гарячого пресування $Al_2O_3$ при прямому пропусканні змінного електричного струму з частотою 50 Гц .....	36
2.5. Отримання тонкодисперсних структур з монокарбиду вольфраму .....	57
2.6. Закономірності електроконсолідації електропровідних порошків при гарячому пресуванні.....	59
2.7. Механізми ущільнення монокарбиду вольфраму .....	64
<b>РОЗДІЛ 3</b> <b>ЗАКОНОМІРНОСТІ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЩІЛЬНИХ КЕРМЕТІВ</b> <b>ОКСИД ХРОМУ – ХРОМ ІЗ СУМІШЕЙ</b> <b>ОКСИД ХРОМУ – ВУГЛЕЦЬ.....</b>	<b>74</b>
3.1. Термодинаміка процесу відновлення хрому .....	74
3.2. Кінетичні закономірності відновлення хрому вуглецем з оксиду хрому в процесі гарячого пресування .....	79

3.3. Закономірності гарячого пресування сумішей оксид хрому - хром.....	81
3.4. Структура і властивості керметів оксид хрому - хром, отриманих відновленням хрому з оксиду хрому вуглецем у вакуумі .....	86

#### РОЗДІЛ 4

#### ЗАКОНОМІРНОСТІ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЩІЛЬНИХ КЕРМЕТІВ ОКСИД ХРОМУ - ХРОМ ІЗ СУМІШЕЙ

ОКСИД ХРОМУ - АЛЮМІНІЙ.....	92
4.1. Термодинаміка процесу алюмінотермії хрому.....	92
4.2. Закономірності гарячого пресування.....	95
4.3. Утворення зв'язку оксид хрому - хром.....	100
4.4. Структура і властивості керметів, отриманих частковим відновленням оксиду хрому алюмінієм .....	103
4.5. Корозійна стійкість і стійкість проти високотемпературного окислення керметів оксид хрому - хром.....	112

#### РОЗДІЛ 5

#### ЗАКОНОМІРНОСТІ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ

МАТЕРІАЛІВ $Cr_2O_3-AlN$ .....	117
5.1. Холодне і гаряче пресування сумішей $Cr_2O_3-AlN$ .....	117
5.2. Структуроутворення в системі $Cr_2O_3-AlN$ .....	118
5.3. Оптимізація умов отримання керметів оксид хрому – хром.....	127
5.4. Фізико-механічні властивості композитів .....	130

#### РОЗДІЛ 6

#### ОТРИМАННЯ ТОНКОДИСПЕРСНИХ СТРУКТУР З

НАНОПОРОШКІВ ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ І ЙОГО СУМІШЕЙ.....	134
6.1. Закономірності отримання тонкодисперсних структур з нанопорошків оксиду алюмінію .....	134
6.2. Закономірності ущільнення дрібнодисперсних структур з сумішей оксиду алюмінію і карбідів .....	143

#### РОЗДІЛ 7

#### ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ

РОЗРОБЛЕНОГО МАТЕРІАЛУ .....	150
7.1. Технологічний процес виготовлення різальних пластин з композиційного матеріалу (біхроміт-Р).....	150
7.2. Дослідження ріжучих властивостей композиційного матеріалу (біхроміт-Р).....	151

7.3. Дослідження ріжучих властивостей пластин з монокарбиду вольфраму .....	156
7.4. Аналіз структури електроконсолідованих зразків $ZrO_2-WC$ .....	163
7.5. Дослідження впливу температури консолідації і добавок WC на механічні властивості композиту $ZrO_2-WC$ .....	175
7.6. Порівняльні характеристики розробленого композита на основі нанопорошків $ZrO_2-WC$ і зарубіжних аналогів .....	178
7.7. Порівняльні випробування волок з електроконсолідованих нанопорошків $ZrO_2$ (3 мол. % $Y_2O_3$ )- $Al_2O_3$ .....	184
БІБЛІОГРАФІЯ .....	188

## ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Сучасний розвиток технологій пов'язують з розробкою нових технологій і матеріалів, які володіють новими функціональними і технічними властивостями, що веде до підвищення терміну служби виробів, а також сприяє ресурсозбереженню. Настає час, коли, знаючи властивості вихідних матеріалів, можна спрогнозувати властивості матеріалу, що отримується.

Вже зараз розвивається наука комп'ютерного моделювання хімічних елементів і з'єднань. Наприклад, встановлено, що при надвисоких тисках можна отримати сполуки  $\text{NaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{Cl}$ , тоді як за звичайних умов можна мати тільки  $\text{NaCl}$ . Для того, щоб отримати новий рівень властивостей матеріалів, необхідно, по-перше, застосовувати нанопорошкові матеріали і, по-друге, консолювати їх незвичайними фізико-механічними методами. До них відносяться SPS (FAST) метод, мікрохвильове спікання, ударно-хвильове пресування, ГП і т. д. Наприклад, вчені ніколи не змогли б отримати штучний алмаз, якби не було можливості застосовувати тиск в декілька тисяч атмосфер і температур, вищих ніж  $1600\text{ }^\circ\text{C}$ .

У даній книзі автори спробували показати, яким чином можна отримати високощільні матеріали з високими фізико-механічними властивостями з таких тугоплавких матеріалів, як  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{WC}$ , застосовуючи нетрадиційні методи консолюації матеріалів.

Книга призначена для інженерів та науковців, студентів вищих технічних закладів освіти.

Дану книгу можна використовувати при виконанні курсових проектів, написанні кваліфікаційних робіт першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти, а також під час підвищення кваліфікації слухачів ФПК, ІПК та інженерно-технічних працівників.

## **СПИСОК СКОРОЧЕНЬ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У МОНОГРАФІЇ**

*ГПП* – гаряче ізостатичне пресування  
*ГП* – гаряче пресування  
*ДТА* – диференційно-термічний аналіз  
*FAST* – Filed Activated Sintering Technik  
*SPS* – spark plasma sintering

## ПЕРЕДМОВА

Сучасний розвиток технологій пов'язують з розробкою нових технологій і матеріалів, які володіють новими функціональними і технічними властивостями, а також з методами їх обробки.

Обробка матеріалу передбачає надання йому необхідних розмірів, форми, певних властивостей і включає в себе широкий клас наступних процесів: різання, шліфування, тиск, пресування, термічна обробка, склеювання, пайка, зварювання, оксидування, сплавлення, травлення, електроліз, глибинний і поверхневий гарт, обробка вибухом, водострумінне і піскострумінне оброблення, оброблення струмами високої частоти, розчинення, фарбування та ін. Проте композиційні матеріали, що виготовлені з тугоплавких сполук, мають настільки високу твердість, що для їх обробки в деяких випадках звичайні методи не підходять.

У даній книзі автори спробували показати, яким чином можна отримати високотверді композиційні матеріали з порошків тугоплавких оксидів і карбідів, який рівень фізико-механічних властивостей можна отримати. Попередні дослідження показують, що ці матеріали, в першу чергу, можуть використовуватися як інструментальні з високою зносостійкістю та корозійною стійкістю.

З огляду на те, що ріжучий інструмент працює при екстремальних умовах – температура в деяких випадках може перевищувати 1000 °С, при цьому діють також різні механізми зносу, великі механічні навантаження, – то можливо, що отримані матеріали можуть використовуватися в інших галузях, наприклад, в газотурбінних двигунах, як бронезахисні матеріали вставок ракетних сопел, інших галузях ракетно-космічної техніки, в приладобудуванні, електроніці та навіть в медицині.